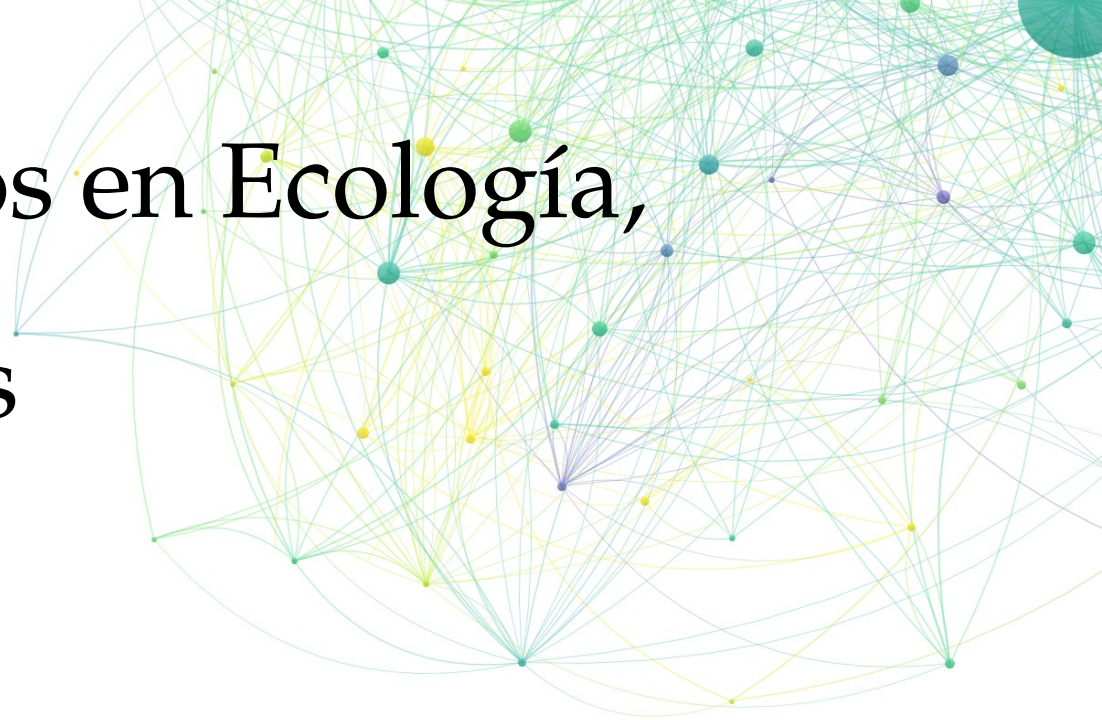


Sistemas Complejos en Ecología, Análisis y Modelos

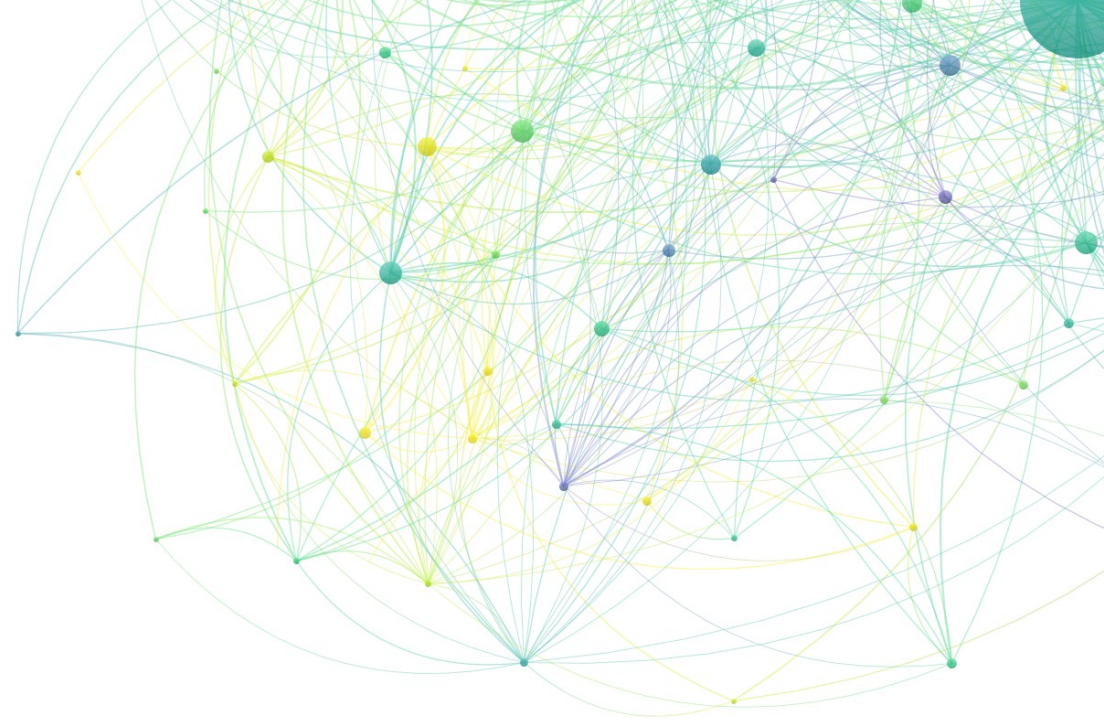


Rebeca de la Fuente

Investigadora Postdoctoral (CADIC-CONICET)

ÍNDICE

1. Modelización de procesos en ecología
2. Modelos deterministas
- 3. Evolución, estabilidad y bifurcaciones**
4. Modelos estocásticos
5. Teoría de campo medio
6. Dinámica de fuegos



Conceptos

- Variables (estado sistema)
- Parámetros
- Condiciones iniciales
- Trayectoria
- Régimen transitorio
- Puntos fijos
- Atractor
 - Punto fijo
 - Ciclo límite (órbitas periódicas)
 - Atractor caótico
- Base de atracción
- Estabilidad
- Bifurcación

Ecuaciones de movimiento

$$x_{n+1} = f(x_n)$$

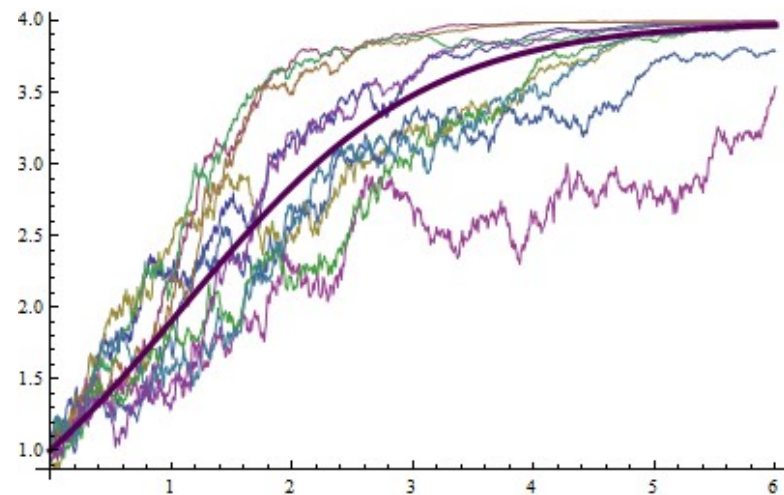
$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t))$$

Ecuaciones de movimiento

$$x_{n+1} = f(x_n)$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t))$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) + q(x(t))\eta(t)$$



Ecuaciones de movimiento

$$x_{n+1} = f(x_n)$$

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t))$$

Sistema de Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = F_1(x_1, x_2, \dots, x_n; t) \\ \frac{dx_2}{dt} = F_2(x_1, x_2, \dots, x_n; t) \\ \dots \\ \frac{dx_n}{dt} = F_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t) \end{array} \right.$$

Ejemplos

$$\frac{dx}{dt} = 2x + 0.6$$

Ejemplos

$$\frac{dx}{dt} = 2x^2 + 0.6$$

Ejemplos

$$\frac{dx}{dt} = -2x + 3y$$

$$\frac{dy}{dt} = -3x$$

Ejemplos

$$\frac{dx}{dt} = -2x + 3y^2$$

$$\frac{dy}{dt} = -3x^2(1 - y)$$

Ecuaciones de movimiento

$$x_{n+1} = f(x_n) \longrightarrow x_{n+1} = 2x_n$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \quad \longrightarrow \quad \frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \quad \longrightarrow \quad \frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\longrightarrow x(0) = x_0$$

$$\longrightarrow \Delta t$$

$$\longrightarrow \text{Método resolución numérica}$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \quad \longrightarrow \quad \frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\longrightarrow x(0) = x_0$$

$$\longrightarrow \Delta t$$

$$\longrightarrow \text{Método resolución numérica}$$

$$x(t + \Delta t) = x(t) + \Delta t \frac{dx}{dt} + \frac{1}{2} (\Delta t)^2 \frac{d^2 x}{dt^2} + \cdots + \frac{1}{n!} (\Delta t)^n \frac{d^n x}{dt^n}$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \quad \longrightarrow \quad \frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\longrightarrow x(0) = x_0$$

$$\longrightarrow \Delta t$$

\longrightarrow Método resolución numérica

$$x(t + \Delta t) = \underbrace{x(t) + \Delta t \frac{dx}{dt}}_{\text{Forward Euler}} + \underbrace{\frac{1}{2}(\Delta t)^2 \frac{d^2x}{dt^2}}_{\text{Estimación Error}} + \cdots + \frac{1}{n!}(\Delta t)^n \frac{d^n x}{dt^n}$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \longrightarrow \frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\longrightarrow x(0) = x_0$$

$$\longrightarrow \Delta t$$

$$\longrightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

$$x(t + \Delta t) = \underbrace{x(t) + \Delta t \frac{dx}{dt}}_{\text{Forward Euler}} + \underbrace{\frac{1}{2}(\Delta t)^2 \frac{d^2x}{dt^2}}_{\text{Estimación Error}} + \cdots + \frac{1}{n!}(\Delta t)^n \frac{d^n x}{dt^n}$$

Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

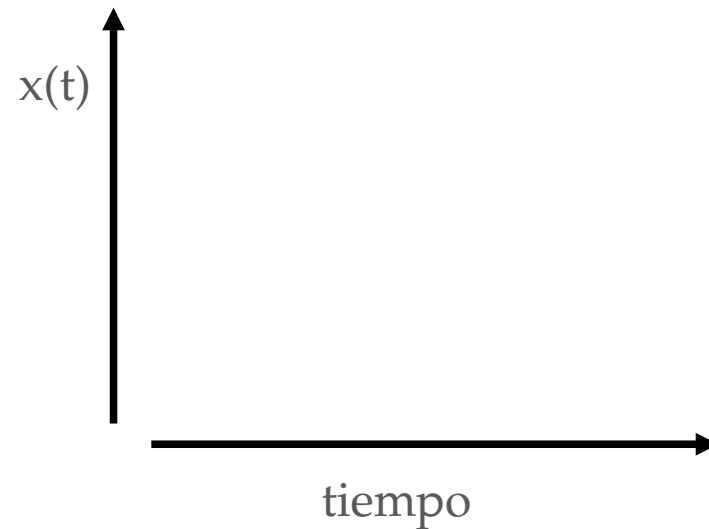
Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$



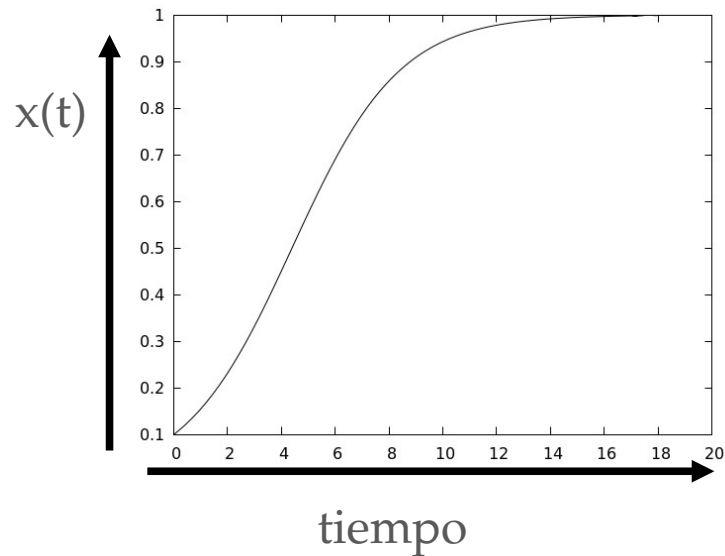
Ecuaciones de movimiento

$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$



Ecuaciones de movimiento

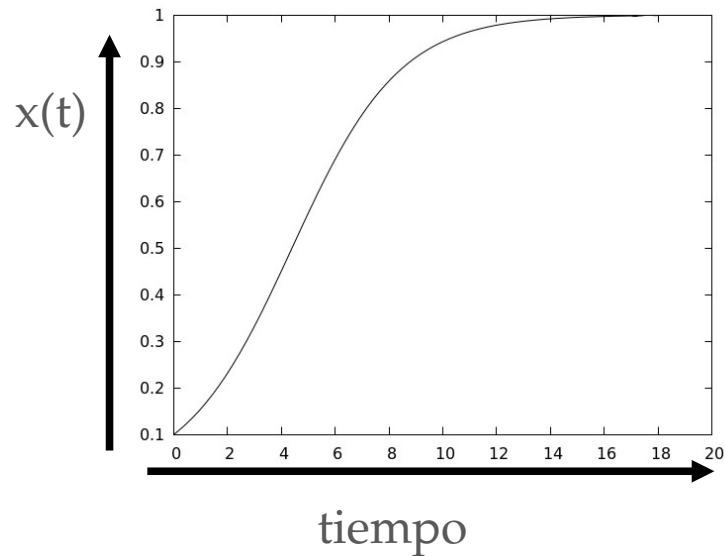
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Ecuaciones de movimiento

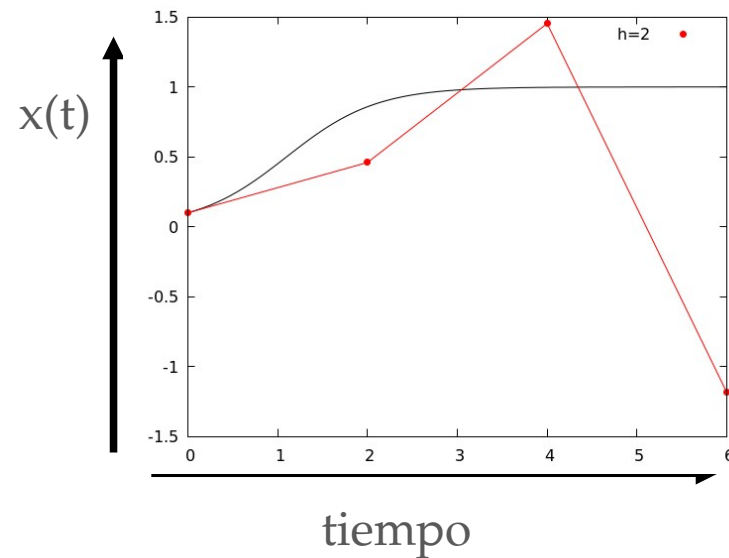
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Ecuaciones de movimiento

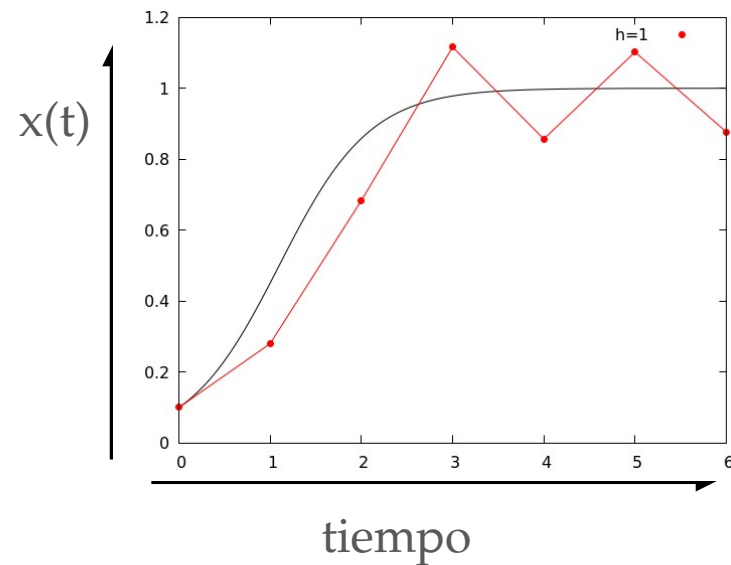
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Ecuaciones de movimiento

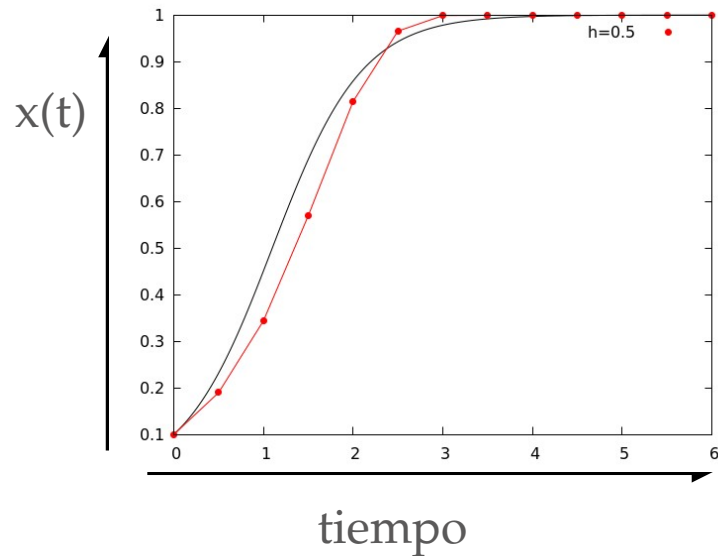
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Ecuaciones de movimiento

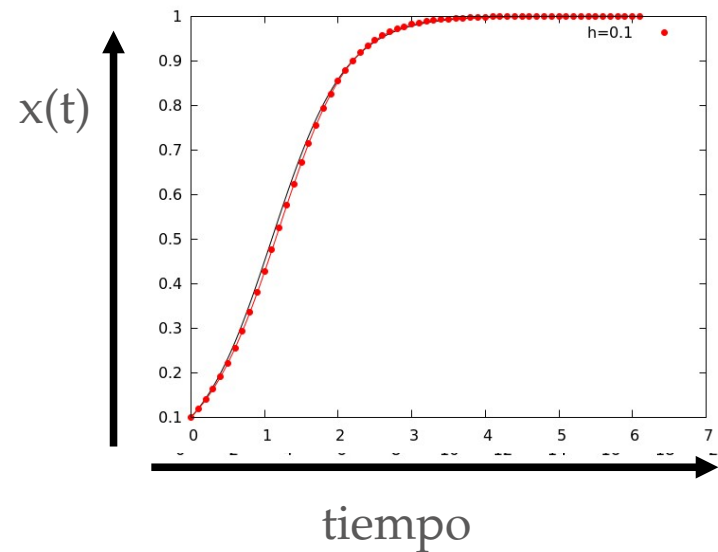
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Ecuaciones de movimiento

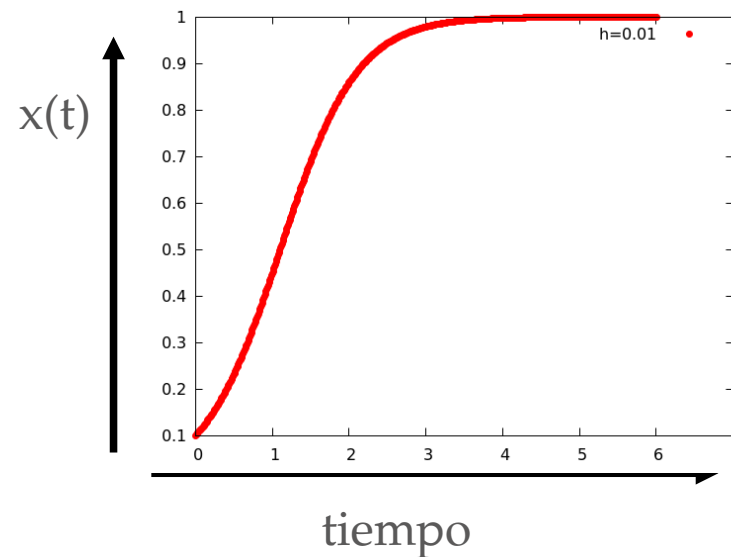
$$\frac{dx}{dt} = 2x(1 - x)$$

$$\rightarrow x(0) = x_0$$

$$\rightarrow \Delta t$$

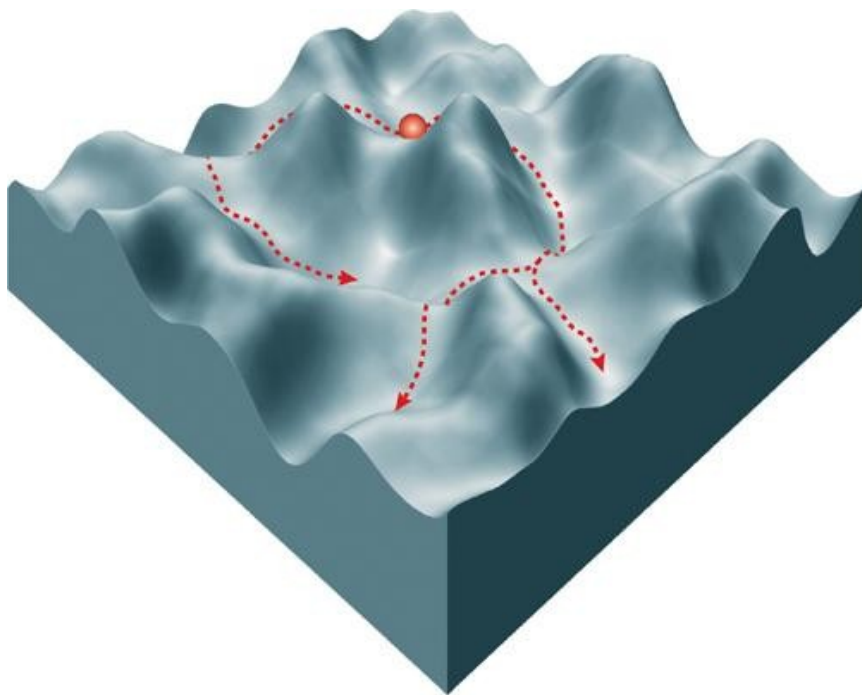
$$\rightarrow \text{Método resolución numérica} \longrightarrow x(t + h) = x(t) + h \frac{dx}{dt}$$

¿Qué ocurre al variar $h = dt$?



Estabilidad

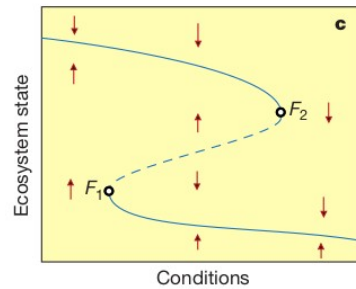
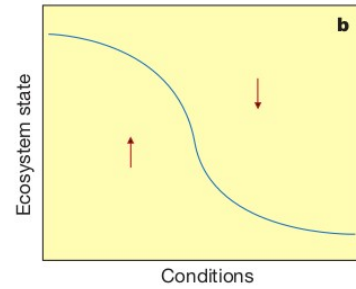
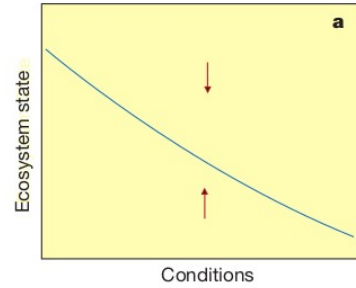
Paisaje dinámico (Dynamical landscape)



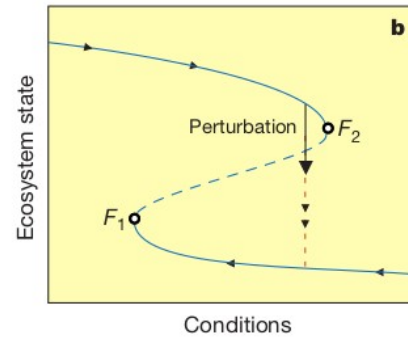
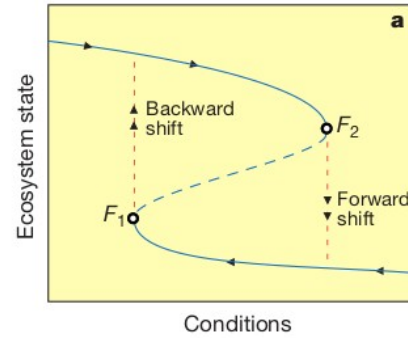
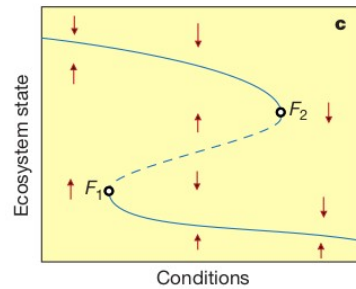
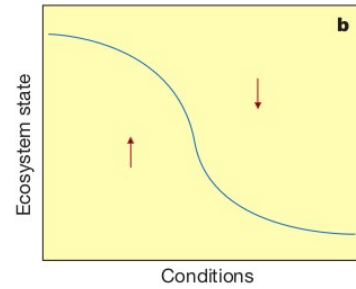
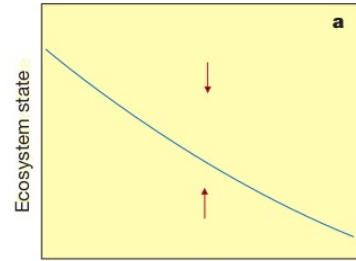
¿Aplicación?

¿Herramientas?

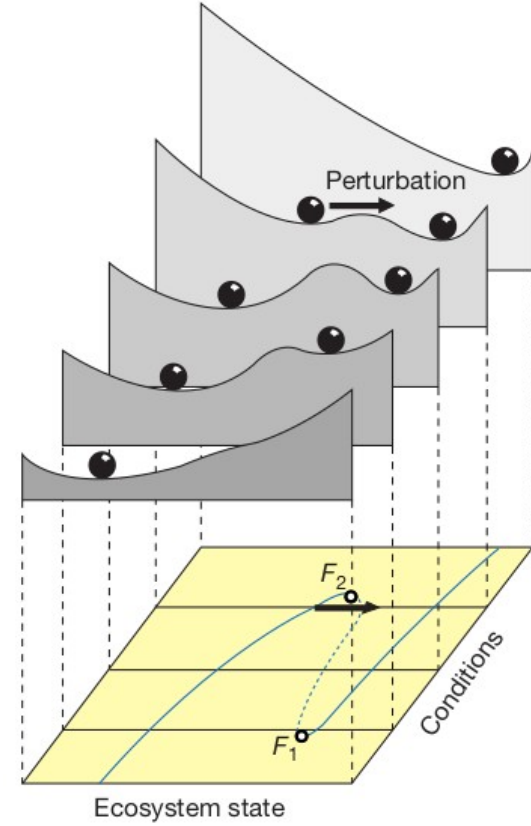
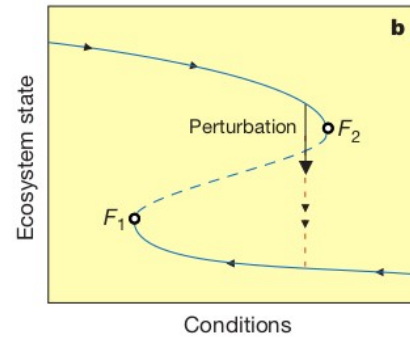
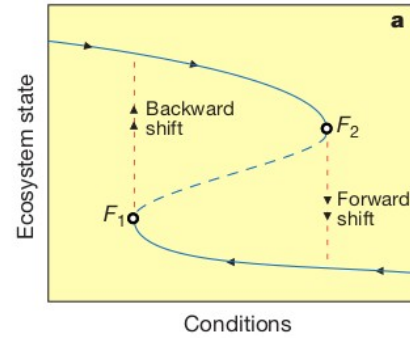
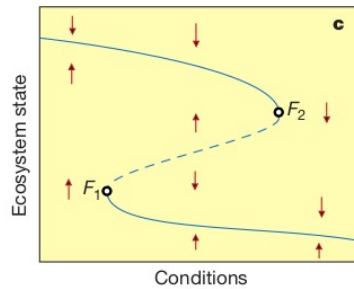
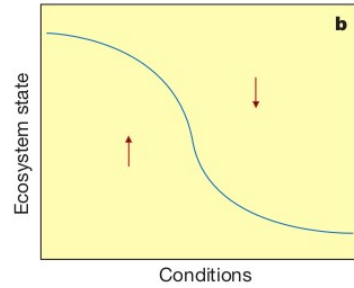
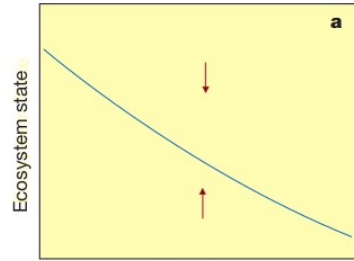
Aplicación en la investigación



Aplicación en la investigación

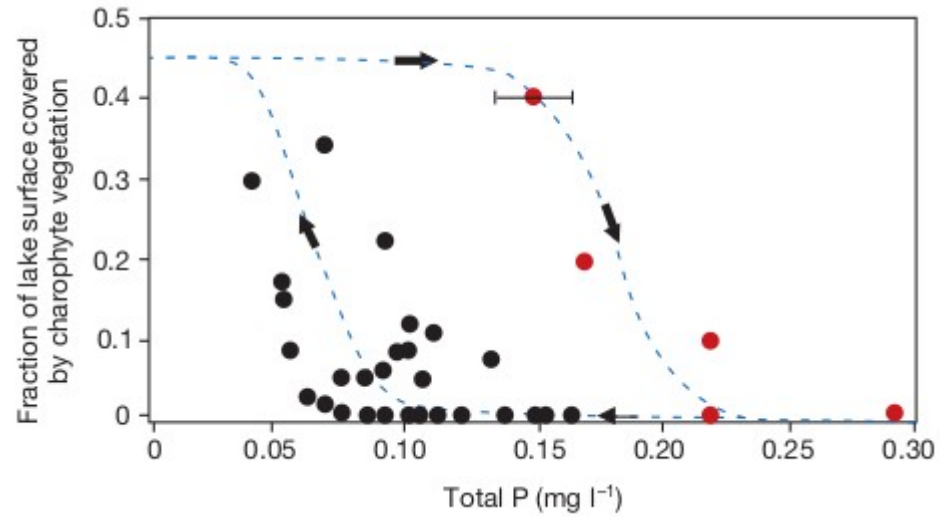


Aplicación en la investigación



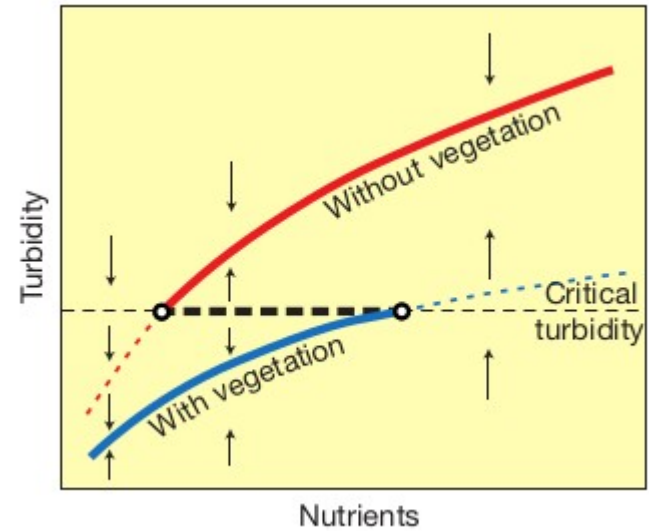
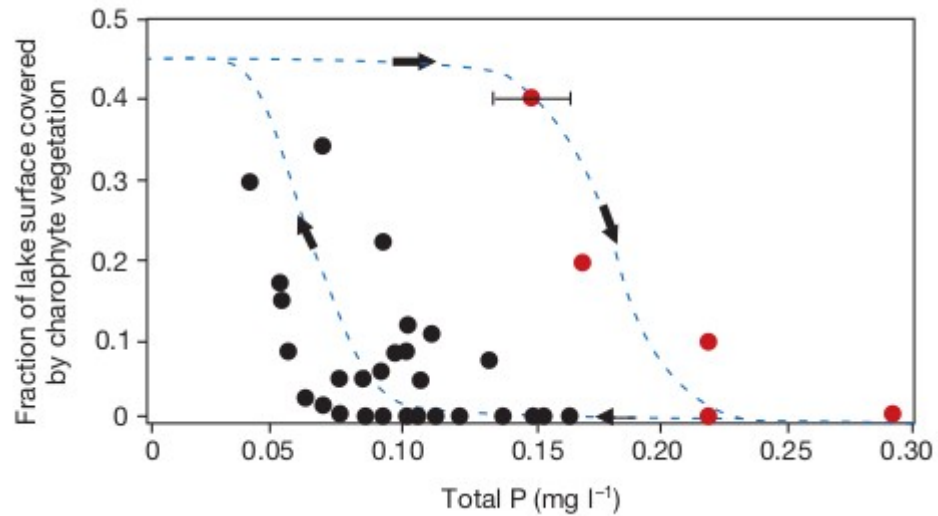
Ejemplos

Cambios entre estados estables alternativos en un lago



Ejemplos

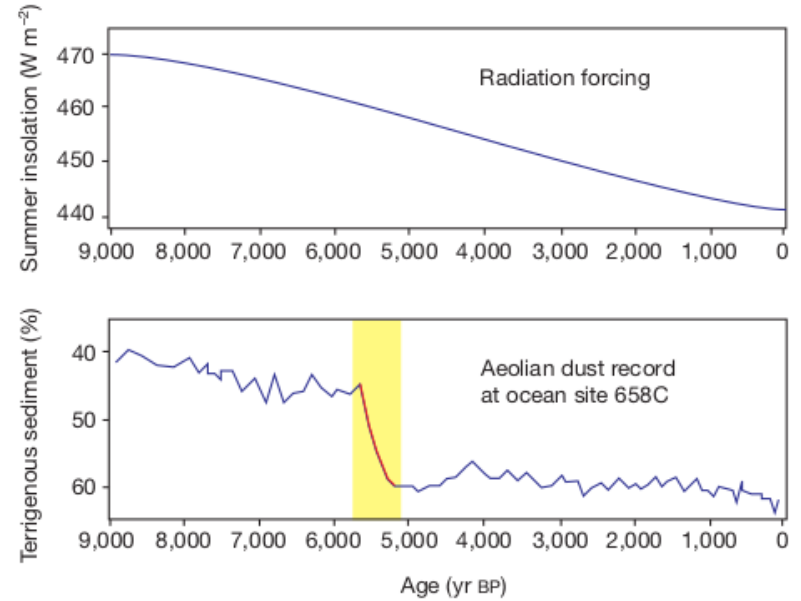
Cambios entre estados estables alternativos en un lago



Ejemplos

Cambios entre estados estables alternativos hacia desertificación

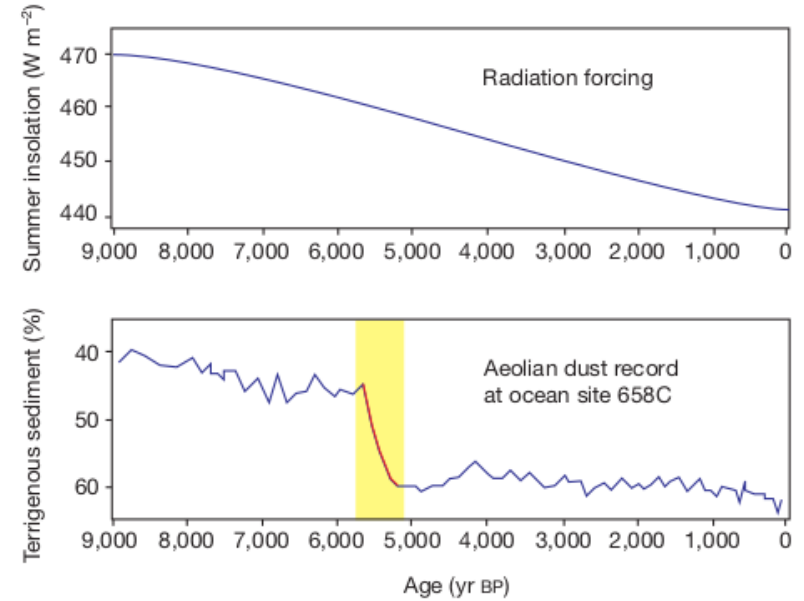
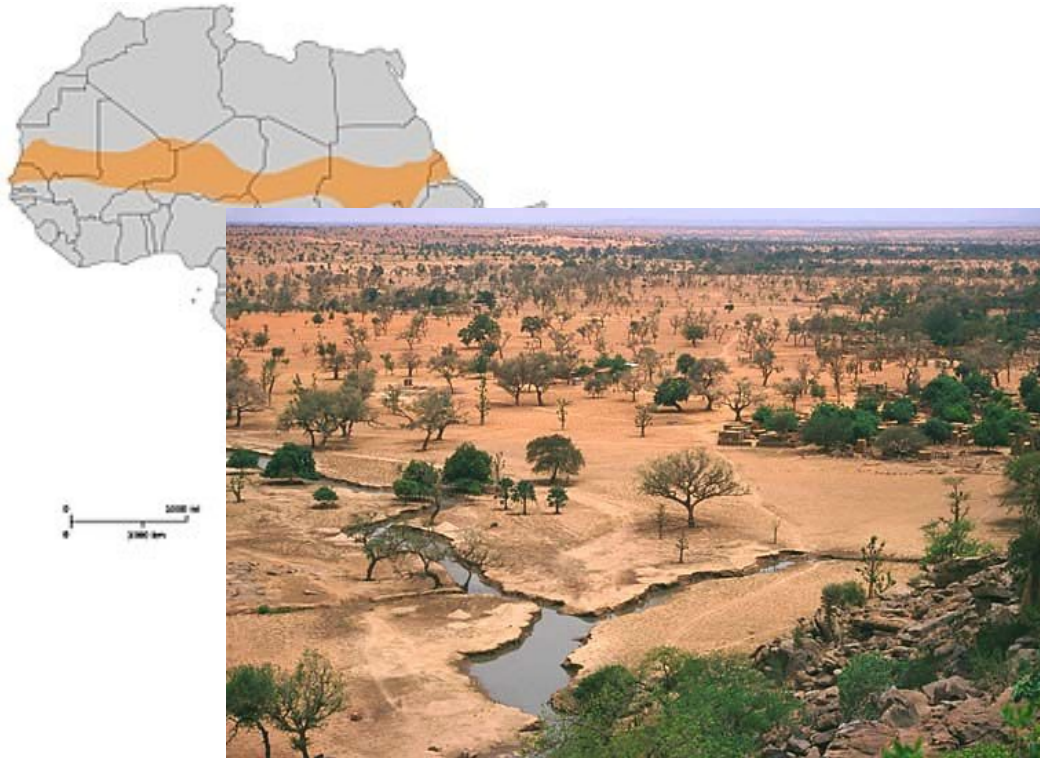
Región Sahel



Ejemplos

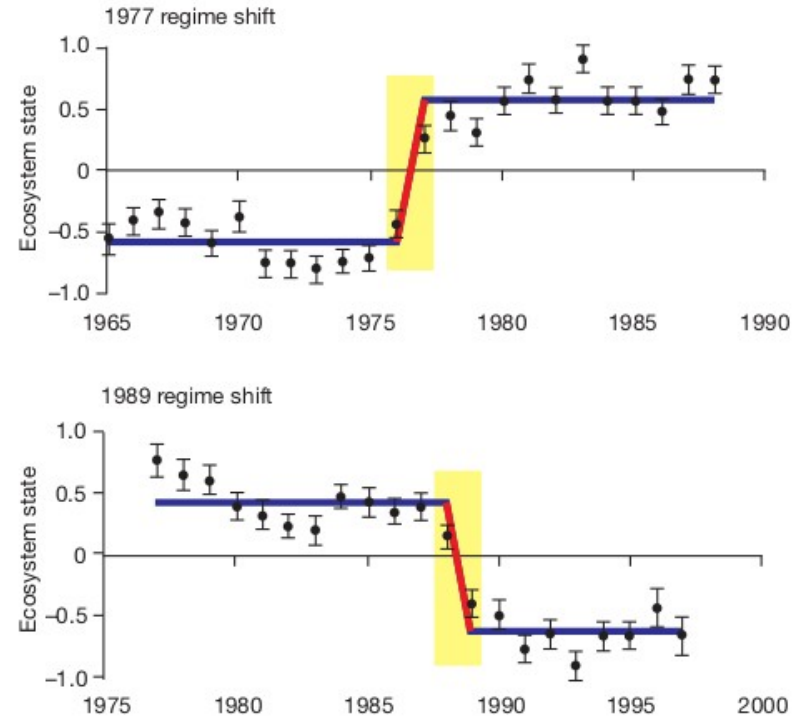
Cambios entre estados estables alternativos hacia desertificación

Región Sahel

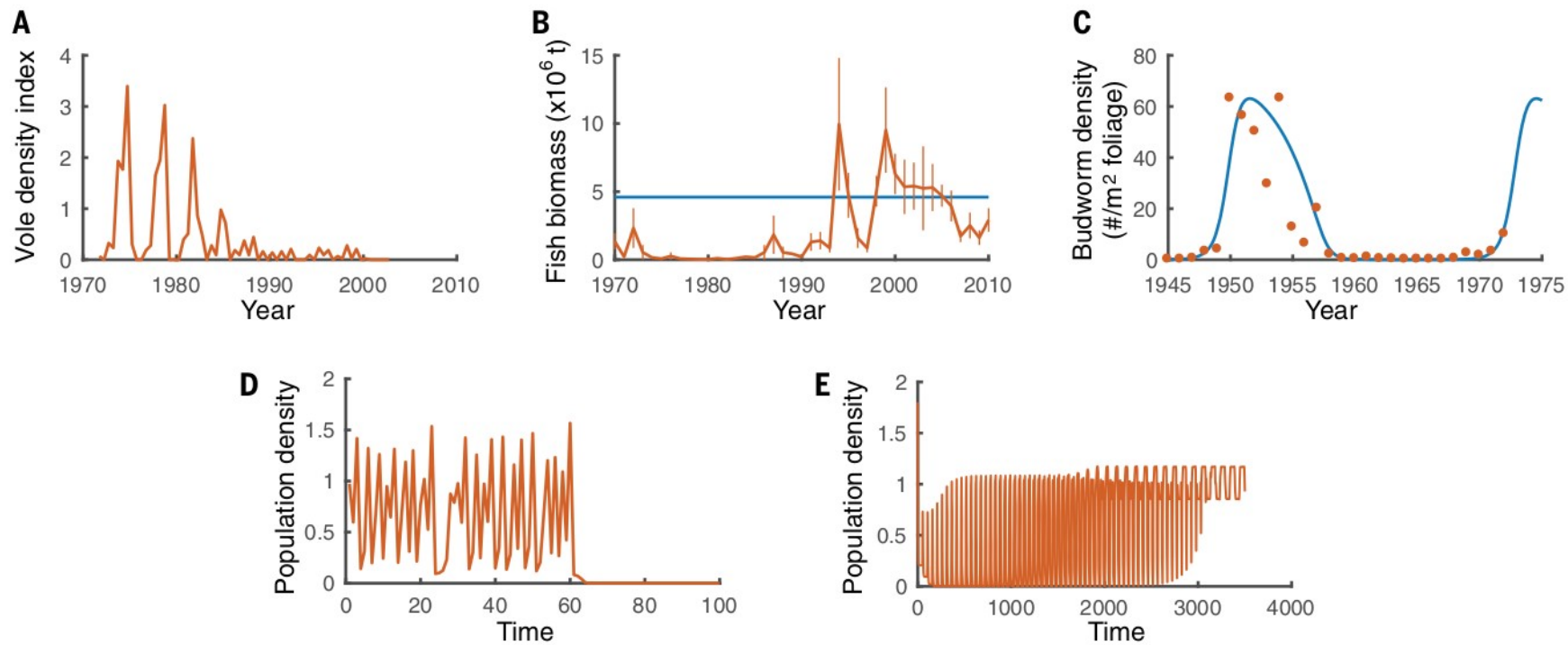


Ejemplos

Cambios entre estados estables alternativos en los ecosistemas oceánicos

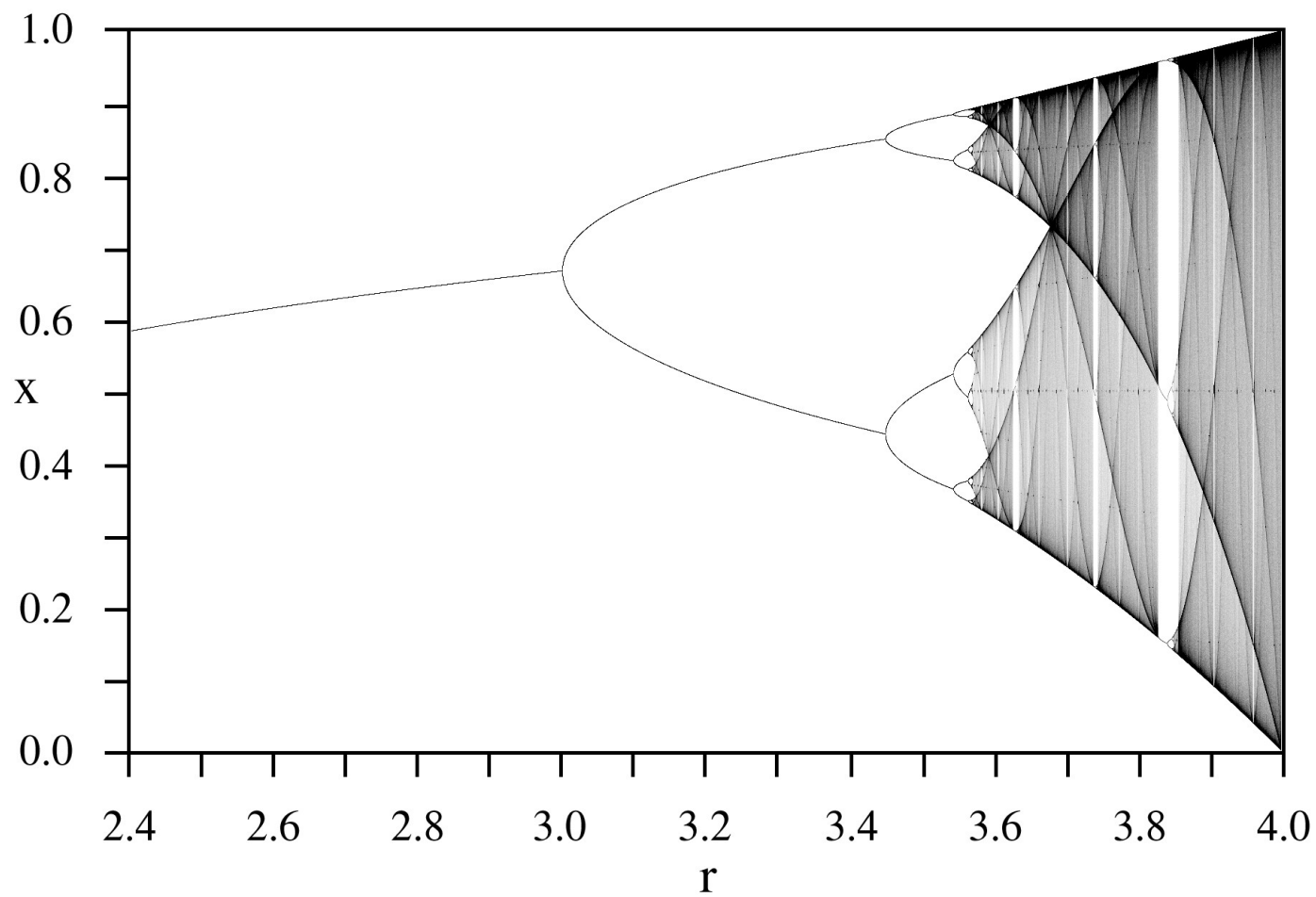


Ejemplos

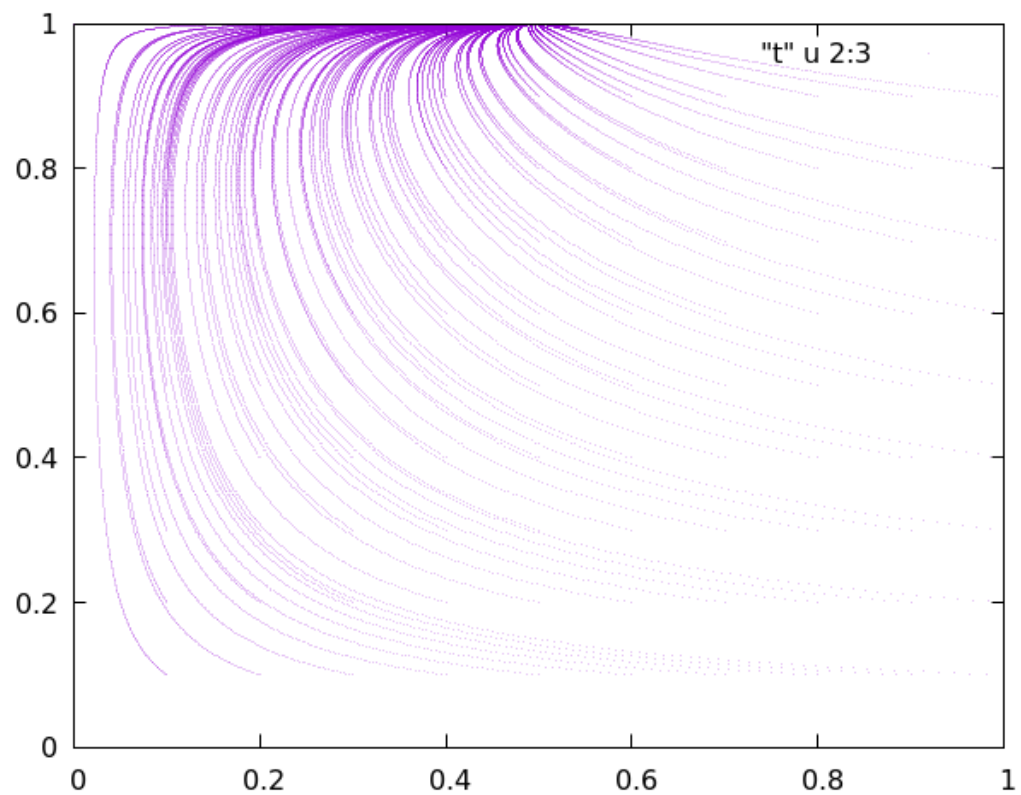


Resolución Ejercicios

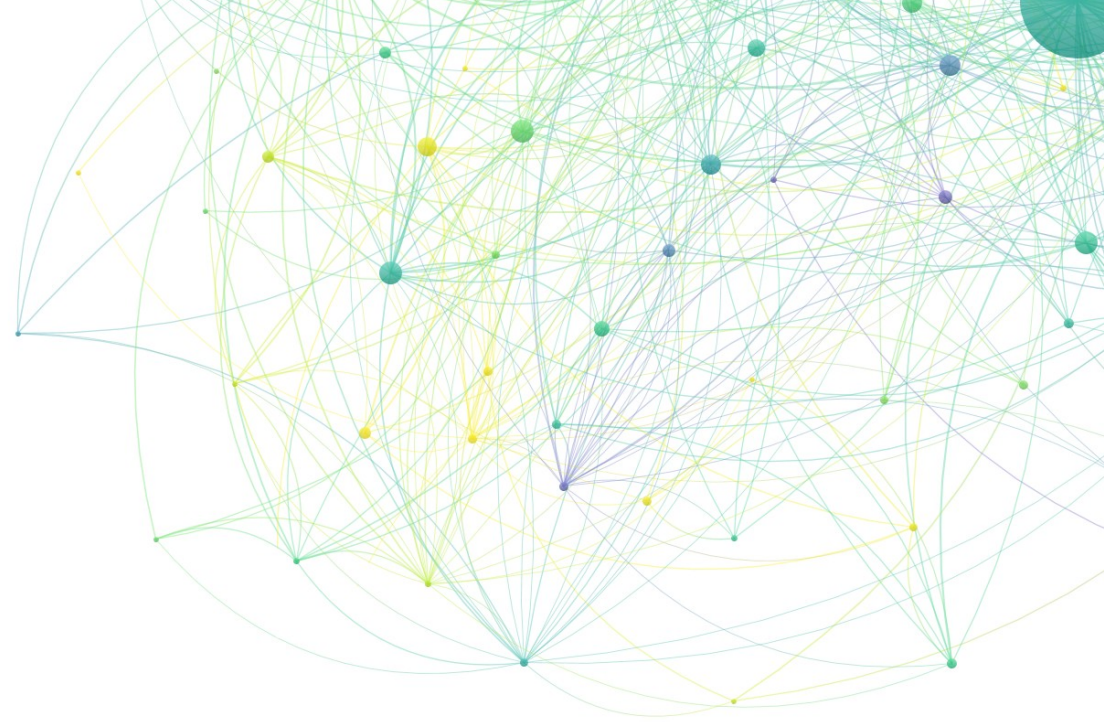
Resolución Ejercicios



Resolución Ejercicios



Preguntas... ?



Rebeca de la Fuente

Investigadora Postdoctoral (CADIC-CONICET)